

PCT/JP2004/009619

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

23.07.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

REC'D 16 SEP 2004

WIPO

PCT

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2003年 7月 9日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2003-194476

[ST. 10/C]: [JP2003-194476]

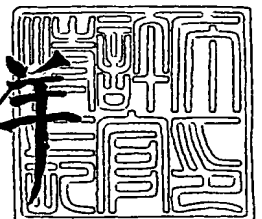
出 願 人  
Applicant(s): 日立電線株式会社  
日本電信電話株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 9月 2日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川 洋



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2004-3078688

【書類名】 特許願

【整理番号】 PHC03171

【提出日】 平成15年 7月 9日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/00  
G02B 6/36

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町一丁目 6 番 1 号 日立電線株式会  
社内

【氏名】 大藺 和正

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町一丁目 6 番 1 号 日立電線株式会  
社内

【氏名】 黒沢 芳宣

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町一丁目 6 番 1 号 日立電線株式会  
社内

【氏名】 立蔵 正男

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株  
式会社内

【氏名】 倉嶋 利雄

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株  
式会社内

【氏名】 荒木 栄次

**【発明者】**

**【住所又は居所】** 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日本電信電話株式会社内

**【氏名】** 平松 克美

**【特許出願人】**

**【識別番号】** 000005120

**【氏名又は名称】** 日立電線株式会社

**【特許出願人】**

**【識別番号】** 000004226

**【氏名又は名称】** 日本電信電話株式会社

**【代理人】**

**【識別番号】** 100071526

**【弁理士】**

**【氏名又は名称】** 平田 忠雄

**【手数料の表示】**

**【予納台帳番号】** 038070

**【納付金額】** 21,000円

**【提出物件の目録】**

**【物件名】** 明細書 1

**【物件名】** 図面 1

**【物件名】** 要約書 1

**【ブルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバ及び光ファイバコネクタ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 屈折率の高いコアとこれを取り囲む屈折率の小さなクラッドとを有し、当該クラッド内にファイバ軸心方向に延びて複数の空孔が形成された光ファイバにおいて、前記複数の空孔の端部に、屈折率が前記クラッドと同じかそれよりも小さい石英系微粒子と、屈折率が前記クラッドと同じかそれよりも小さい光学接着剤とから構成される封止部が形成されていることを特徴とする光ファイバ。

【請求項2】 前記石英系微粒子が、直径が $1\mu\text{m}$ 以下の石英微粒子であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項3】 前記石英系微粒子は、石英微粒子に屈折率を下げる添加剤をドープしてあることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項4】 前記光学接着剤が、紫外線硬化型の光学接着剤であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項5】 請求項1乃至請求項4記載の光ファイバにフェルールを装着した光ファイバコネクタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、屈折率の高いコアとこれを取り囲む屈折率の小さいクラッドを有し、当該クラッドにファイバ軸心方向に延びた複数の空孔が存在する光ファイバ及びその光ファイバコネクタに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、フォトニック結晶構造（屈折率の周期構造）をクラッドに設けたフォトニック結晶ファイバ（PCF：Photonic Crystal Fiber）が、従来の光ファイバでは実現し得ないまったく新しい機能を備えた光デバイスを実現しうるものとして注目を集めている。このPCFの一種であるホーリーファイバ（HF：Holey

Fiber) は、従来の光ファイバのコア近傍のクラッド部に空孔を存在させることによりクラッドの実効的な屈折率を下げて、コア/クラッド間の比屈折率差を拡大させることで、従来の光ファイバと比較して曲げ損失特性を大幅に向上させることができる（非特許文献1、2 参照）。

#### 【0003】

##### 【非特許文献1】

姚兵ほか「ホーリーファイバの実用化に関する一検討」、信学技報（社）電子情報通信学会、Vol.102, No.581, p47～50

##### 【非特許文献2】

長谷川健美「フォトリック結晶ファイバおよびホーリーファイバの開発動向」、月刊誌「オプトロニクス」、オプトロニクス（株）発行、No.7, p203～208（2001）

#### 【0004】

しかしながら、前記ホーリーファイバにおいて、曲げ損失特性は従来のシングルモード光ファイバに比べ格段に改善されるが、このホーリーファイバにコネクタ加工を施す際に、そのまま端面を研磨加工すると、研磨粉や研磨剤が、ファイバの空孔に侵入しコネクタ加工作業終了後にも残留してしまう。残留した研磨粉や研磨剤は、コネクタの脱着を繰り返すと空孔から脱離し、ファイバ研磨面に付着することがある。ファイバ研磨面に研磨粉や研磨剤が付着した状態でコネクタ接続を行うと、コネクタ端面同士の密着が妨げられ損失増加の要因となるばかりではなく、最悪の場合、研磨面を傷つけ端面のクリーニングをしても損失増加が戻らないという問題があった。また、ホーリーファイバ端面に空孔が存在すると、その空孔を介して大気、特に水分を含んだ大気が拡散・流入する恐れがあった。ホーリーファイバの空孔に水分を含んだ大気が流入すると、ホーリーファイバが0℃以下の低温雰囲気下に置かれた時に、混入大気中の水分が結露や凝固し、ファイバの損失を増加させる要因となる。また、水分がホーリーファイバの空孔に直接付着すると空孔表面のマイクロクラックの成長を促進させ、ホーリーファイバの長期信頼性（破断等）を劣化させる原因にもなる。そこで、ホーリーファイバの端面は封止し大気を遮断することが望ましい。

## 【0005】

## 【発明が解決しようとする課題】

このため、前記ホーリーファイバの加工端面部の空孔に研磨粉や研磨剤が進入しないように、あらかじめ光硬化接着剤を充填させてから、加工作業行うことも考えられるが、接着剤はその性質上硬化する際に体積収縮を伴うので、接着剤の硬化部内に気泡を発生させる。気泡内は空間のためその屈折率は約1であり、接着剤中の硬化部と気泡部との屈折率差が非常に大きくなる。そのような屈折率変化の大きな部分がコア近傍にあると、光ファイバの導波路構造に影響を与え、大きな損失を発生させる原因となる。

## 【0006】

従って、本発明の目的は、研磨加工時に発生する研磨粉や研磨剤がファイバ端面の空孔に残留することなく、低損失に接続ができ、かつ、長期信頼性にも優れた光ファイバ及び光ファイバコネクタを提供することである。

## 【0007】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の光ファイバは、屈折率の高いコアとこれを取り囲む屈折率の小さなクラッドとを有し、当該クラッド内にファイバ軸心方向に延びて複数の空孔が形成された光ファイバにおいて、前記複数の空孔の端部に、屈折率が前記クラッドと同じかそれよりも小さい石英系微粒子と、屈折率が前記クラッドと同じかそれよりも小さい光学接着剤とから構成される封止部が形成されていることを特徴とする。

## 【0008】

前記石英系微粒子は、直径が $1\mu\text{m}$ 以下の石英微粒子とすることができる。

## 【0009】

また、前記石英系微粒子は、石英微粒子に屈折率を下げる添加剤をドーブしたものとすることができる。

## 【0010】

前記光学接着剤は、紫外線硬化型の光学接着剤とすることができる。

## 【0011】

前記光ファイバにフェルールを装着して光ファイバコネクタとすることができる。

#### 【0012】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の光ファイバ及び光ファイバコネクタについて図面を参照して説明する。

#### 【0013】

図1に、本発明の光ファイバ及び光ファイバコネクタに用いられる代表的なホーリーファイバ10の断面構造を示す。同図において、ホーリーファイバ10は、屈折率の高いコア11と、そのコア11を取り囲んで形成された屈折率の小さいクラッド13とを有し、クラッド13のコア11の近傍にはコア11の中心軸を対称軸として線対称かつ、等間隔となるように4本の空孔15...が形成されている。

#### 【0014】

ホーリーファイバ10としては、通常の1.3  $\mu\text{m}$ 帯シングルモードファイバを用いることができる。また、空孔15...の内径は3  $\mu\text{m}$ 以上10  $\mu\text{m}$ 以下が望ましく、例えば7  $\mu\text{m}$ とすることができる。各空孔15...の中心は、例えばコア11の中心から半径12  $\mu\text{m}$ の円周上に位置するものとできる。空孔15...の中には空気又は不活性ガスが充填されており、その空孔15...の屈折率は1になっている。また、クラッド13の屈折率は例えば1.458であり、コア11にはクラッド13より屈折率を高くするためにゲルマニウムが6～9モル%程度添加されている。

#### 【0015】

図2は、本発明に係る光ファイバコネクタの一実施態様を示す縦断面図である。

この光ファイバコネクタ20においては、ホーリーファイバ10のファイバ軸心方向に伸びる空孔15...の先端部分が封止部21により封止され、ホーリーファイバ10の外周にフェルール23が装着されている。なお、図2ではホーリーファイバ10の2つの空孔15...が封止部21により封止されているが、図示

されていない他の2つの空孔15...の端部も同様に封止されている。

#### 【0016】

この封止部21は、石英微粒子と紫外線硬化型の光学接着剤とから構成されている。この封止部21を構成する石英微粒子と紫外線硬化型の光学接着剤の屈折率は、共に、クラッド13の屈折率と同じかそれよりも小さくする必要がある。以下、その理由について説明する。

#### 【0017】

ホーリーファイバ10の優れた曲げ特性は、コア11近傍に空孔15...が存在するためであるが、仮に、クラッド13よりも高い屈折率を持った光学材料を空孔15...に充填して封止部21とすると、クラッド13よりも屈折率の高い部分が、本来のコア11以外の部分にも生じるので、コア11が複数存在する状態になる。そうするとホーリーファイバ10のコア11と空孔15...の間隔が光の波長オーダーで接近している場合、光のカップリング現象が生じ、本来のコア11を伝播してきた光が空孔15...に乗り移る。乗り移った光は、封止部21を伝播するが、封止部21が形成されていない空間部では伝播されなくなるので、大きな損失の原因となってしまう。そこで、ホーリーファイバ10の空孔15...を封止する封止部21の屈折率はクラッド13の屈折率よりも高くないことが望ましい。また、仮に、クラッド13と同じ屈折率を持った光学材料を空孔15...に充填して封止部21とした場合は、あたかも空孔15...がない通常の光ファイバと同じ構造となるため、ホーリーファイバ10の優れた曲げ特性の特徴が損なわれることになる。このため、ホーリーファイバ10の空孔15...を封止する封止部21の屈折率は、クラッド13の屈折率より低くすることがより好ましい。

#### 【0018】

封止部21を構成する石英微粒子の粒子径は1 $\mu$ m以下、特に100nm以下が好ましく、30～40nm程度が最も好ましい。粒子径が100nm以下になると封止部21中での石英微粒子の体積比を上げることができ、即ち、光学接着剤に対する石英微粒子の混合率を上げることができるので、光学接着剤の硬化時の気泡発生率を抑制することが可能となる。石英微粒子の屈折率は、ホーリーフ



ファイバ10のクラッド13を構成する石英と同じ(1.458)であるが、石英微粒子にフッ素を添加したフッ素添加石英ナノ粒子を用いることにより、屈折率を-0.5~-0.7%程度下げることが可能である。

#### 【0019】

一方、紫外線硬化型の光学接着剤は、屈折率が室温で1.430であるエポキシ系紫外線硬化型接着剤(商品名「オプトダイン1100」(ダイキン工業製))を用いることができる。一般に光学屈折率材料はその屈折率に温度特性を持ち、温度が低くなると屈折率が上昇するため温度の影響を考慮する必要があるが、上記光学接着剤では-30℃でもその屈折率が1.45程度であって、クラッド13の屈折率1.458よりも低くすることが可能である。

#### 【0020】

石英微粒子と光学接着剤との混合割合は、石英微粒子の割合が高いほど光学接着剤硬化後の気泡の発生率は低くなるが、割合が高すぎると硬化前の石英微粒子を含有した光学接着剤の流動性は失われ、ホーリーファイバ10の空孔15...への充填が難しくなる。本発明者らの実験によると、光学接着剤と石英微粒子の重量比が、1:1~10:1の間であれば、実用レベルで、気泡の発生抑制と空孔15...への充填作業の作業性の両立が図れることが分かった。

#### 【0021】

石英微粒子の屈折率の温度特性は光学接着剤のそれに比べ無視できるほど小さいので、空孔15...に充填した封止部21全体の屈折率を安定にクラッド13を構成する石英レベルよりも低くすることができる。そのため、曲げ特性を含む光学特性を安定化させることができる。

#### 【0022】

次に、本光ファイバコネクタ20を実現する方法について説明する。

まず、ホーリーファイバ10の端部に、軸心方向とほぼ直角の端面を形成した後、石英微粒子と紫外線硬化型光学接着剤との混合物をホーリーファイバ10の端面から空孔15...に押し込み、紫外線を照射して光学接着剤を硬化させ、封止部21を形成する。次に、フェルール23をホーリーファイバ10に装着し、ホーリーファイバ10の端面がフェルール23の端面に揃うようにする。必要な

ら、その後、一般の光ファイバの場合と同様に、フェルール 23 の端面を研磨することもできる。

#### 【0023】

なお、封止部 21 の光ファイバコネクタ端面からの形成位置は、空孔 15... の端面を塞ぎ、かつ、機械的な強度を備えていれば特に規定しなくても良いが、長期信頼性の観点から 100  $\mu$ m 以上奥に形成されていることが望ましい。

#### 【0024】

以上説明したように、この光ファイバコネクタにおいては、

(1) 封止部 21 により、空孔 15... の端部を封止しているので、研磨粉や研磨剤がファイバ端面に残留することなく、端面が封止された信頼性のある光ファイバコネクタを実現することができる。

(2) 封止部 21 を紫外線硬化型光学接着剤だけでなく、石英微粒子を添加して構成しているので、光学接着剤が硬化した際の体積収縮を石英微粒子により抑制することができる。このためファイバ端部で硬化した接着剤内の気泡の発生を防ぎ、低損失とすることができる。

(3) 屈折率がクラッド 13 よりも小さく形成された封止部 21 により空孔 15... の端部を封止しているので、曲げ特性を含む光学特性を安定化させることができる。

#### 【0025】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明の光ファイバは、複数の空孔の端部に封止部を形成しているので、研磨粉や研磨剤がファイバ端面に残留することなく、端面が封止された信頼性のある光ファイバコネクタを実現することができる。このため、コネクタ加工後の信頼性を向上させるとともに、光学的特性も良好なホーリーファイバコネクタを提供することができる。また、封止部は、屈折率がクラッドと同じかそれよりも小さい石英系微粒子と、屈折率がクラッドと同じかそれよりも小さい光学接着剤とから構成されるので、ファイバ端部で硬化した接着剤内の気泡の発生を防ぐことができ、低損失とすることができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明に用いられるホーリーファイバの横断面図である。

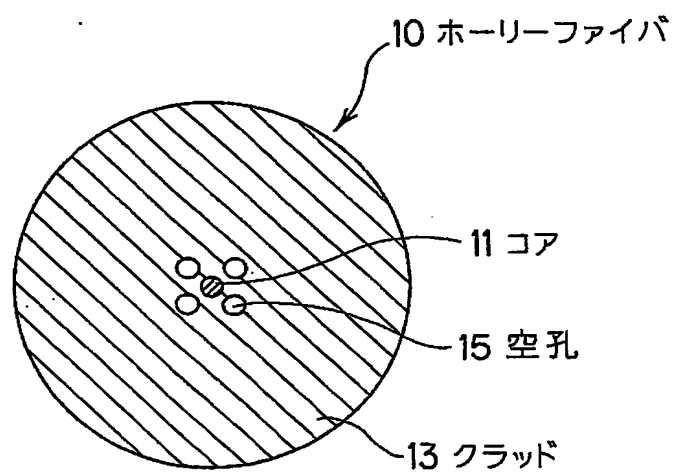
【図 2】 本発明に係る光ファイバコネクタの一実施態様を示す縦断面図である

【符号の説明】

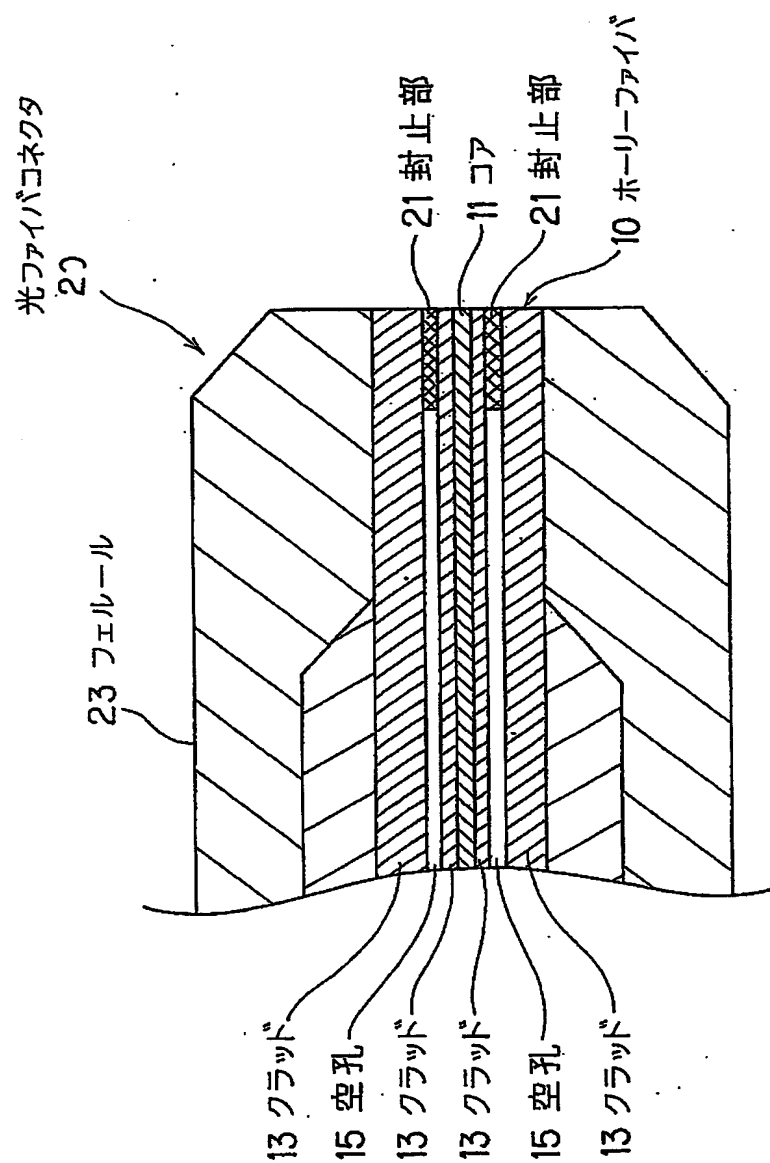
- 1 0    ホーリーファイバ
- 1 1    コア
- 1 3    クラッド
- 1 5    空孔
- 2 1    封止部
- 2 3    フェルルール

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 研磨加工時に発生する研磨粉や研磨剤がファイバ端面の空孔に残留することなく、低損失に接続ができ、かつ、長期信頼性にも優れた光ファイバ及び光ファイバコネクタを提供する。

【解決手段】 ホーリーファイバ10のファイバ軸心方向に伸びる空孔15…の先端部分を、石英微粒子と紫外線硬化型の光学接着剤とから構成される封止部21により封止する。石英微粒子と紫外線硬化型の光学接着剤の屈折率は共に、クラッド13と同じかそれよりも小さいものとしている。

【選択図】 図2

特願 2003-194476

出願人履歴情報

識別番号 [000005120]

1. 変更年月日 1999年11月26日

[変更理由]

住所変更

住所

東京都千代田区大手町一丁目6番1号

氏名

日立電線株式会社

特願 2 0 0 3 - 1 9 4 4 7 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 2 2 6 ]

1. 変更年月日

1 9 9 9 年 7 月 1 5 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号

氏 名

日本電信電話株式会社



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**